饲粮中棉秆比例对绵羊生长性能和消化性能的影响

张俊瑜　张志军　苏玲玲　郭同军*　王文奇*

（新疆畜牧科学院饲料研究所，乌鲁木齐 830000）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中不同比例棉秆对绵羊生长性能和营养物质表观消化率的影响及棉秆中营养物质在绵羊体内的消化代谢参数。试验采用单因素完全随机试验设计，将体重相近的50只试验羊随机分为5组，每组10只，对照组（CK组）饲喂全价颗粒基础饲粮，试验组分别饲喂以棉秆替代10%（A组）、20%（B组）、30%（C组）和40%（D组）的基础饲粮。试验全期68 d，其中预试期7 d，饲养试验53 d，消化代谢试验8 d。结果表明：结果表明：1）ADG随棉秆替代比例的增加而下降，表现为C组和D组极显著低于CK组（P＜0.01），显著低于A组（P＜0.05），CK组、A组和B组之间差异不显著（P>0.05）；干物质采食量无显著变化（P>0.05）。2）饲粮中营养物质的表观消化率随棉秆替代比例的增加而依次下降，其中D组比CK组的干物质（DM）、有机物（OM）、粗蛋白质（CP）、粗纤维（EE）、中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）的表观消化率分别低17.17%（P＜0.01）、18.22%（P＜0.01）、12.14%（P＜0.01）、36.36%（P＜0.01）、26.26%（P＜0.01）和36.24%（P＜0.05）。3）棉秆中营养物质的表观消化率随替代比例的增加表现不一。当棉秆替代比例为30%时，棉秆中营养物质的表观消化率均处于较高水平。C组和D组DM和OM表观消化率极显著高于A组和B组（P<0.01）；A组CP和NDF的表观消化率极显著低于B组、C组和D组（P<0.01）。本试验条件下，棉秆可以作为粗饲料用于育肥羊生产，替代比例以30%为宜。

关键词：棉秆；绵羊；营养物质；生长性能；表观消化率

中图分类号：S827　　　　　　文献标识码：　　　　　　　　文章编号：

2011 年以来，全国棉花种植面积呈逐年下降趋势，至 2017 年约下降 36%[1]。根据国家统计局公布的数据[1]测算，2017 年全国棉秆产量约为 885 万 t，产量仍然十分巨大。资源丰

收稿日期：2018-02-23

基金项目：新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务经费（KY2017003）；新疆维吾尔自治区科研机构创新发展专项资金项目（2016D04018）

作者简介：张俊瑜（1983—），男，河北沧州人，助理研究员，硕士，从事反刍动物营养与饲料科学的研究。E-mail:　363180001@qq.com

*通信作者：郭同军，副研究员，E-mail:　guotaoxj@126.com；王文奇，副研究员，E-mail: xjslswwq@163.com

富、利用率低、燃烧和还田的比例过大是棉秆的利用现状[2]。提高棉秆的利用，既可缓解粗饲料区域性供给不足的矛盾，又可减少对环境的污染。棉秆具有资源量大和便于集中收集的特点，为其饲料化利用提供了有利条件。研究者们在棉秆的营养价值评定[3-4]、饲喂效果[5-6]、高效降解棉秆纤维素微生物的筛选[7-8]、品质改善[9-10]等方面进行了相关研究，结果表明棉秆是有一定粗蛋白质含量、瘤胃降解率较低的粗饲料，替代部分玉米秸秆、麦草、芦苇等粗饲料饲喂牛、羊无负性影响，微生物对棉秆中粗纤维的降解有明显的促进作用，通过膨化和微波处理可改善棉秆的饲料品质。但国内外关于棉秆在动物体内的消化利用参数方面的研究鲜有报道。魏敏等[11]以限饲组作为对照，研究了棉秆中营养物质在绵羊体内的消化代谢参数。但当动物处于饥饿状态时，其身体机能与正常状态相比可能存在一定差异[12]。因此，本试验在动物饱腹的基础上，以棉秆替代不同比例基础饲粮，研究其对育肥羊生长性能、营养物质表观消化率的影响及棉秆中营养物质在绵羊体内的消化代谢参数的变化情况，为棉秆在生产实践中的科学利用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　饲粮的制作

试验用棉秆为新疆喀什地区巴楚县当年所产。棉秆等粗饲料经粉碎机（1 cm 孔径筛）粉碎并与其他原料混匀后，制成直径为 6 mm 的全价颗粒饲粮。

1.2　试验设计

试验选取体重接近[（35.23±5.83） kg]和体况良好的 50 只小尾寒羊，随机分为 5 组，每组 10 只（*n*=10），对照组（CK 组）饲喂不添加棉秆的全价颗粒基础饲粮，基础饲粮参照中国《肉羊饲养标准》（NY/T 816—2004）[13]营养需要设计，试验组分别饲喂以棉秆替代 10%（A 组）、20%（B 组）、30%（C 组）和 40%（D 组）基础饲粮。试验饲粮组成及营养水平见表 1。试验动物分组单圈饲养，圈内安装饮水碗，外设运动场，清晨饲喂前清槽，每 10 d 对圈舍及运动场进行消毒。每日 10:00 和 19:00 各饲喂 1 次，自由采食和饮水。试验全期 68 d，其中预试期 7 d，饲养试验 53 d，消化代谢试验 8 d。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)　　%

项目	组别 Groups

Items	CK	A	B	C	D
原料 Ingredients					
玉米 Corn	34.30	30.87	27.44	24.01	20.58
小麦麸 Wheat bran	3.00	2.70	2.40	2.10	1.80
豆粕 Soybean meal	8.00	7.20	6.40	5.60	4.80
预混料 Premix[1)]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
磷酸二氢钠 NaH_2PO_4	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
棉秆 Cotton stalk		9.67	19.34	29.01	38.68
玉米秸秆 Corn stalk	26.40	23.76	21.12	18.48	15.84
苜蓿干草 Alfalfa hay	25.00	22.50	20.00	17.50	15.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/(MJ/kg)	8.28	7.96	7.63	7.31	6.99
有机物 OM	92.31	93.07	93.11	92.26	91.78
粗蛋白质 CP	11.39	10.18	10.16	9.27	8.74
粗脂肪 EE	3.33	3.03	3.43	2.85	2.74
中性洗涤纤维 NDF	40.86	44.42	47.35	50.84	52.08
酸性洗涤纤维 ADF	20.84	22.79	25.65	26.50	29.11
钙 Ca	0.71	0.64	0.64	0.69	0.75
磷 P	0.42	0.39	0.37	0.38	0.39

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 300 IU，VD_3 420 IU，VE 4 IU，生物素 biotin 0.16 mg，泛酸 pantothenic acid 4.2 mg，烟酸 nicotinic acid 3.6 mg，Cu 2 mg，Fe 22 mg，Mn 20 mg，Zn 16 mg，I 0.4 mg，Se 0.13 mg，Co 0.13 mg。

[2)]代谢能为计算值，其余为实测值。ME was a calculated value, while others were measured values.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长性能指标

试验开始和结束时分别于晨饲前对全部试验羊进行空腹称重，计算平均日增重(ADG)。准确记录每天的饲喂量和剩料量，计算干物质采食量（DMI）。

1.3.2　样品采集

饲养试验末期称重后，每组随机选取 6 只羊用于消化代谢试验，试验期共 8 d。试验初始，将自制收粪袋固定在羊体上，为使羊适应收粪袋，设计了 4 d 适应期。第 5 天开始，连续 4 d，每天清晨饲喂前收集收粪袋内全部粪便，记作前 1 天粪便，称重并取 10%作为样品，阴干后混匀 4 d 的粪样并置于密封袋中保存。收粪期间，连续 4 d，每日采集 200 g 饲料样。参照张丽英[14]的方法测定干物质（DM）、粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、木质素（ADL）、粗灰分（Ash）、钙（Ca）和磷（P）等营养物质的含量。参照何建华[15]的方法测定棉秆中的总能（GE）。

1.3.3　消化率的计算

参照 Adeola[16]的方法计算饲粮营养物质的表观消化率，公式为：

$$A\%=[(B-C)/B]\times100。$$

式中：A 为饲粮某营养物质的表观消化率；B 为食入的该营养物质质量；C 为粪中该营养物质质量。

参照杨凤[17]的方法计算棉秆中营养物质的表观消化率，公式为：

$$D\%=[(A-B)/F\times100]+B。$$

式中：D 为棉秆中某营养物质的表观消化率；A 为替代后饲粮中该营养物质的表观消化率；B 为基础饲粮中该营养物质的表观消化率；F 为棉秆中营养物质占替代后饲粮中该营养物质的比例。

1.4　数据处理

试验数据经 Excel 2010 统计整理后，使用 SAS 9.0 统计软件包中 MIXED 模块进行统计分析，统计结果采用 Tukey's 法进行多重比较，显著水平为 $P<0.05$，极显著水平为 $P<0.01$。

2　结　果

2.1　棉秆的营养水平

如表 2 所示，试验用棉秆中 CP、NDF、ADF 和 ADL 含量分别为 6.37%、62.92%、48.53%和 18.55%。

表 2　棉秆中营养物质含量（干物质基础）

Table 2　Nutrient contents of cotton stalk (DM basis)　　%

项目 Item	干物质 DM	有机物 OM	粗蛋白质 CP	粗纤维 EE	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	木质素 ADL	钙 Ca	磷 P	总能 GE/(MJ/kg)
含量 Content	93.85	89.53	6.37	0.85	62.92	48.53	18.55	1.14	0.17	6.38

2.2　饲粮中不同棉秆比例对绵羊生长性能的影响

由表 3 可知，各组试验羊初重差异不显著（P>0.05），末重随棉杆替代比例的增加而依次下降，CK 组显著高于 C 组和 D 组（P<0.05），其他各组间差异不显著（P>0.05）。棉杆替代比例对 ADG 有极显著影响（P<0.01），ADG 随替代比例的增加而下降，表现为 CK 组比 C 组和 D 组分别高 37.92%和 53.28%（P<0.01），A 组比 C 组和 D 组分别高 23.81%和 37.68%（P<0.05），CK 组、A 组和 B 组之间差异不显著（P>0.05）。随棉杆替代比例的增加 DMI 有所下降，CK 组比 D 组高 2.65%，组间差异不显著（P>0.05）。

表 3　饲粮中不同棉秆比例对绵羊生长性能的影响

Table 3　Effects of different ratios of cotton straw in diets on growth performance of sheep

项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value
	CK	A	B	C	D		
初重 Initial weight/kg	35.20	35.18	35.22	35.31	35.25	1.123	1.00
末重 Final weight/kg	51.73^{a}	50.63^{ab}	48.93^{ab}	47.32^{b}	46.59^{b}	1.461	<0.05
平均日增重 ADG/g	311.98^{Aa}	280.08^{ABa}	238.54^{BCbc}	226.21^{BCbc}	203.54^{Cc}	15.786	<0.01
干物质采食量 DMI/(kg/d)	1.89	1.87	1.85	1.87	1.84	0.020	0.37

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant

difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P＜0.01). The same as below.

2.3　饲粮中不同棉秆比例对绵羊营养物质表观消化率的影响

如表 4 所示，随着棉秆替代比例的增加，整体上表现为排粪量上升、营养物质表观消化率下降。排粪量 D 组比 CK 组和 A 组均极显著提高 16.36%（P＜0.01），B 组和 C 组比 CK 组均显著提高 14.55%，比 A 组均显著提高 12.73%（P＜0.05），CK 组与 A 组之间及其他 3 组之间差异不显著（P>0.05）。饲粮中营养物质的表观消化率随棉秆替代比例的增加而依次下降，除棉秆替代比例对 ADF 的表观消化率的影响为显著水平（P<0.05）外，其余均达到极显著水平（P＜0.01）。D 组比 CK 组的 DM、OM、CP、EE、NDF、和 ADF 的表观消化率分别低 17.17%（P＜0.01）、18.22%（P＜0.01）、12.14%（P＜0.01）、36.36%（P＜0.01）、26.26%（P＜0.01）和 36.24%（P＜0.05）。

表4　饲粮中不同棉秆比例对绵羊表观消化率的影响（干物质基础）

Table 4　Effects of different ratios of cotton straw in diets on nutrient apparent digestibility of sheep (DM basis)　%

项目 Items	组别 Groups CK	A	B	C	D	SEM	P 值 P-value
排粪量 Excrement/(kg/d)	0.55^{Bb}	0.55^{Bb}	0.63^{ABa}	0.62^{ABa}	0.64^{Aa}	0.018	＜0.01
干物质 DM	72.06^{Aa}	69.50^{Aab}	64.00^{ABbc}	64.05^{ABbc}	61.50^{Bc}	1.568	＜0.01
有机物 OM	73.52^{Aa}	71.10^{ABab}	65.71^{BCbc}	64.76^{BCc}	62.19^{Cc}	1.501	＜0.01
粗蛋白质 CP	69.83^{Aa}	64.24^{ABa}	60.71^{ABab}	54.56^{BCbc}	51.21^{Cc}	2.263	＜0.01
粗脂肪 EE	87.97^{Aa}	86.09^{Aa}	84.59^{ABab}	83.97^{ABab}	78.45^{Bb}	1.508	＜0.01
中性洗涤纤维 NDF	64.24^{Aa}	62.65^{ABa}	55.54^{BCb}	54.25^{BCb}	50.88^{Cb}	1.537	＜0.01
酸性洗涤纤维 ADF	55.38^{a}	50.00^{ab}	49.44^{ab}	46.36^{ab}	40.65^{b}	1.622	＜0.05

2.4　棉秆中营养物质的消化率

由表 5 可知，棉秆中营养物质的表观消化率随替代比例的增加表现不一。C 组和 D 组 DM 和 OM 表观消化率极显著高于 A 组和 B 组（P<0.01），棉秆替代比例为 30%后稳定，

DM 和 OM 的最大表观消化率分别为 44.67%和 43.56%。CP 和 NDF 的表观消化率在替代比例为 20%后变化不大，均表现为 A 组极显著低于 B 组、C 组和 D 组（*P*<0.01），CP 和 NDF 的最大表观消化率分别为 39.74%和 35.51%。ADF 的表观消化率在替代比例小于 30%时的组间无显著差异（*P*>0.05），替代比例增加到 40%时较之前极显著下降（*P*<0.01），ADF 的表观消化率以 A 组最大，为 34.43%。

表 5 棉秆中营养物质的表观消化率（干物质基础）

Table 5 Apparent digestibility of nutrients in cotton stalks (DM basis) %

项目 Items	组别 Groups A	B	C	D	SEM	*P* 值 *P*-value
干物质 DM	26.29^{Bb}	29.46^{Bb}	44.24^{Aa}	44.67^{Aa}	1.803	＜0.01
有机物 OM	30.19^{Bb}	29.96^{Bb}	41.83^{ABa}	43.56^{Aa}	2.498	＜0.01
粗蛋白质 CP	26.20^{Bb}	38.71^{Aa}	39.74^{Aa}	36.35^{Aa}	1.692	＜0.01
中性洗涤纤维 NDF	23.32^{Bb}	33.86^{Aa}	32.09^{Aa}	35.51^{Aa}	1.275	＜0.01
酸性洗涤纤维 ADF	34.43^{Aa}	33.71^{Aa}	33.90^{Aa}	24.15^{Bb}	1.530	＜0.01

3 讨 论

3.1 棉秆的营养水平

由于土壤、水源、气候、品种、收获时间、施肥情况等多种因素都会影响棉秆中营养物质的含量，因此不同报道间有一定差异。魏敏等[3]和方雷等[18]报道整株棉秆中 CP 含量分别为 6.5%和 5.67%，纤维素含量分别为 44.0%和 46.05%，半纤维素含量分别为 10.7%、6.36%，ADL 分别含量为 15.3%和 17.18%，Ca 含量分别为 0.63%和 1.19%，P 含量分别为 0.09%和 0.11%。因此，棉秆被认为是一种含有一定粗蛋白质，但纤维含量较高的粗饲料。

3.2 饲粮中不同棉秆比例对绵羊生长性能的影响

3.2.1 饲粮中不同棉秆比例对绵羊体增重的影响

已有研究显示，当饲粮营养水平一致时，以不同比例棉秆替代饲粮中玉米秸（10%、20%和 30%）[5]或小麦秸（25%和 50%）[19]，对绵羊 ADG 均无显著影响。当饲粮营养水平不一致时，绵羊 ADG 也不同。侯鹏霞等[20]给滩羊饲喂不同精粗比饲粮时发现，饲粮的营养水平随精粗比的降低而下降，当饲粮营养水平高时动物的日增重也高。本试验中动物 ADG

随棉杆替代比例的提高而降低，可能也是由于组间饲粮营养水平的差异而导致。

3.2.2 饲粮中不同棉杆比例对绵羊采食量的影响

足够的 DMI 是动物发挥其生长性能的重要前提。研究表明，当饲粮中添加 10%~30%棉秆时，棉秆的添加水平对绵羊 DMI 的影响不大[5]，与本试验结果相一致。据报道，精粗比适宜的饲粮可提高反刍动物的 DMI[20-21]，但本试验未发现类似的结果，这可能是由于动物对颗粒饲粮的采食量更大[22]所导致。张立涛等[23]以不同精粗比全价颗粒饲粮饲喂绵羊的结果表明，绵羊 DMI 随粗饲料比例的增加有一定程度的提高。理论上，由于绵羊瘤胃空间有限，粗饲料较为蓬松、物料占用空间更大，DMI 会随粗饲料比例的提高而降低[24]，但在制粒过程中，原料之间的物理空间被压缩，使本试验中各组饲粮的相对密度基本相同，可能因此而消除了粗饲料体积对采食量的影响。同时，由于颗粒饲粮比粉料的瘤胃消失率[25]、胃肠道流通速率及营养物质的表观消化率[26]更高，加快了饲粮在胃肠道内的排空速度，从而使动物能够采食更多的粗饲料。

3.3 饲粮中不同棉杆比例对绵羊营养物质表观消化率的影响

3.3.1 饲粮中不同棉杆比例对绵羊 DM 和 OM 表观消化率的影响

哈丽代·热合木江等[19]发现，给绵羊饲喂含 25%和 50%棉秆的饲粮，组间 DM 的表观消化率无显著差异，这与本研究结果不一致。本试验中，各组饲粮除棉秆比例不同外，精粗比亦不相同。当饲粮中粗饲料比例增加时，NDF 含量相应提高，而高水平的纤维含量会使饲粮在瘤胃的滞留时间减少，在胃肠道中的流通速度加快，导致 OM、非纤维性碳水化合物、CP、EE 等营养物质在全消化道的消化率下降[27]。张立涛等[23]报道，饲粮 NDF 含量从 33.35%提高到 48.35%时，DM 和 OM 的表观消化率显著下降。本试验中，随着棉秆替代比例的增加，饲粮中 NDF 含量提高，DM 和 OM 的表观消化率显著降低，这与本试验中组间 DMI 无显著差异而排粪量显著提高的结果相对应。

3.3.2 饲粮中不同棉杆比例对绵羊 CP 和 EE 表观消化率的影响

研究表明，饲粮中添加不同水平棉秆对瘤胃氨态氮浓度[5]和氮的利用率[19]均无显著影响，据此推断其对 CP 的利用也不会产生明显影响。瘤胃微生物蛋白（MCP）是反刍动物小肠可吸收蛋白质的主要来源[28]，是反映 CP 的利用程度的重要指标。MCP 的合成主要受瘤胃微生物可利用能量和氮的影响[29-30]。当饲粮以粗饲料为主时，MCP 的合成效率因能量不

足而下降，提高精料水平可以提高 MCP 的产量，进而促进 CP 的利用[31-32]。Sinclair 等[29]认为瘤胃中可利用能和可利用氮的降解同步性越高，MCP 合成效率越高。张立涛等[23]研究表明，当饲粮中 NDF 含量为 33.35%时，CP 和 EE 的表观消化率最高，提高或降低 NDF 水平都会降低饲粮的消化率。本试验中，CK 组饲粮的精粗比为 49:51、NDF 水平为 40.86%，随替代比例的增加精粗比依次降低、NDF 水平依次升高，各组试验羊瘤胃中可利用能和可利用氮的同步性逐渐下降，从而使 CP 的表观消化率随替代比例的增加而下降。

3.3.3 饲粮中不同棉秆比例对绵羊 NDF 和 ADF 表观消化率的影响

饲粮中的纤维含量和精粗比都会影响 NDF 和 ADF 的表观消化率。哈丽代·热合木江等[19]在精粗比相同的条件下，用 0、25%和 50%棉秆替代小麦秸，对应饲粮中 ADF 的含量分别为 24.04%、27.70%和 28.25%，发现饲粮 NDF 和 ADF 的表观消化率比对照组显著下降，但 25%组和 50%组之间无显著差异[19]。反刍动物饲粮有一个理想的精粗比[33-34]，当精粗比为 66.35:33.35（NDF 水平为 33.35）[23]、55:45[24]时，NDF 和 ADF 的表观消化率最高，降低饲粮中精粗比（或提高 NDF 水平），饲粮中 NDF 和 ADF 的表观消化率则下降。在本试验中，随替代比例的增加，饲粮中 NDF 和 ADF 含量升高、精粗比下降，从而导致 NDF 和 ADF 的表观消化率下降。此外，动物对棉秆的食入量随替代比例的升高而增加，NDF 和 ADF 的食入量随之增加，由于棉秆中营养物质在动物体内的有效降解率较低[3]且动物对其降解有限，可能也会降低 NDF 和 ADF 的表观消化率，这在本研究棉秆中 NDF 和 ADF 表观消化率的结果中得到证实。

3.4 棉秆中营养物质的表观消化率

高含量 ADL 是棉秆的主要特点，由于 ADL 性质稳定，对纤维素和半纤维素有保护作用[34]，故传统营养学认为饲料中的 ADL 不能被动物利用。近年来，研究者发现瘤胃微生物可以降解 ADL 中的很少一部分[35]。孙云章等[36]证明了饲料中 ADL 含量与 DM 和粗纤维的消化呈负相关。棉秆（15.3%）中 ADL 含量分别是小麦秸（7.9%）、玉米秸（4.6%）和稻草（5.2%）的 2~3 倍，但棉秆（33.28%）DM 的瘤胃有效降解率较低，是小麦秸秆的 88.25%、玉米秸秆的 54.14%、水稻秸秆的 67.71%[3]。另有研究表明，棉秆中 DM、NDF 和 ADF 在绵羊瘤胃内的有效降解率分别为 26.90%、27.89%、26.21%[4]。本研究结果也表明，棉秆中各种营养物质的表观消化率都比较低，且当替代比例为 20%、30%时，DM 和 OM、CP 和 NDF

的表观消化率处于较高水平；当棉秆替代比例为 30%时，ADF 的表观消化率处于临界状态，进一步提高棉秆的比例，ADF 的表观消化率则急剧下降。因此，当替代比例为 30%时，棉秆中营养物质的综合利用率可能最高。

4 结 论

① 棉秆营养丰富，但营养物质消化利用率低，是一种品质较差的粗饲料。

② 本试验条件下，以棉秆替代30%的基础饲粮时，棉秆中营养物质在绵羊体内的消化率均处于较高水平。

③ 棉秆可以作为粗饲料用于育肥羊生产，添加比例以30%为宜。

参考文献：

[1] 中华人民共和国国家统计局[EB/OL].http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01.

[2] 高利伟,马林,张卫峰,等.中国作物秸秆养分资源数量估算及其利用状况[J].农业工程学报,2009,25(7):173–179.

[3] 魏敏,雒秋江,潘榕,等.对棉花秸秆饲用价值的基本评价[J].新疆农业大学学报,2003,26(1):1–4.

[4] 张苏江,吾买尔江,祁成年,等.不同处理棉秆饲料在羊瘤胃中降解的动态规律[J].粮食与饲料工业,2006(1):40–42.

[5] 王文奇,罗永明,刘艳丰,等.不同棉秆水平全混合日粮对绵羊生长性能和瘤胃发酵参数的影响[J].新疆农业科学,2015,52(11):2111–2116.

[6] 李兴莲,许世新,李红军,等.棉花秸秆新饲料饲喂育肥牛试验初报[J].新疆畜牧业,2015(S1):21–22.

[7] 席琳乔,吴书奇,史卉玲,等.复合菌对棉秆木质纤维素的降解效果研究[J].黑龙江畜牧兽医,2016(4):136–139.

[8] 阿尔孜古丽·阿不力孜.纤维素分解菌筛选及在棉秆饲料上的应用[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆大学,2015.

[9] 赵洁,王真,李兴莲.棉秆膨化发酵饲料的研发与推广应用[J].新疆畜牧业,2016(10):36–37.

[10] 张玉丹,杨阳,任航,等.棉秆微波预处理对生物发酵饲料的影响[J].饲料工业,2016,37(7):37–40.

[11] 魏敏,雒秋江,王东宝,等.棉花秸秆作为绵羊粗饲料的研究[J].草食家畜,2003(3):47–49.
[12] 王鹏,张英杰,刘月琴,等.全价颗粒料对羔羊育肥效果及营养物质消化的影响[J].饲料研究,2011(1):12–14.
[13] 中华人民共和国农业部.NY/T 816—2004 肉羊饲养标准[S].北京：中国农业出版社，2004.
[14] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003.
[15] 贺建华.饲料分析与检测[M].北京:中国农业出版社,2008.
[16] ADEOLA O.Digestion and balance techniques in pigs[M]//LEWIS A J,SOUTHERN L L.Swine Nutrition.2nd ed.Washington,D.C.:CRC Press,2001:903–916.
[17] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,1993:167-168.
[18] 方雷,贾强.棉花秸秆不同部位饲用价值的评定[J].当代畜牧,2009(1):25–27.
[19] 哈丽代·热合木江,王永力,麦尔哈巴·阿不都耐毕,等.日粮中添加不同比例棉副产品对绵羊生产性能、营养物质消化率及血液生化指标的影响[J].中国畜牧兽医医,2016,43(12):3184–3192.
[20] 侯鹏霞,朱宏清,马青,等.不同精粗比日粮对滩羊生产性能及消化代谢的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2016(18):68–70.
[21] 朱芬花,冯秉福,罗永珍,等.不同精粗比日粮对奶牛产奶性能、乳品质和免疫力的影响[J].家畜生态学报,2017,38(5):74–77.
[22] 仲伟光,成文革,李子勇,等.羊草不同加工方式对肉用绵羊生长性能和内脏指数的影响.中国畜牧杂志,2016,52(23):93–97.
[23] 张立涛,李艳玲,王金文,等.不同中性洗涤纤维水平饲粮对肉羊生长性能和营养成分表观消化率的影响[J].动物营养学报,2013,25(2):43313,2.
[24] 程光民,徐相亭,刘洪波.饲粮精粗比对育成期杜寒杂交羊生产性能、血清生化指标及经济效益的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2017(1):125–127,134.
[25] 刁其玉,杨茁萌,陈荆芬.草颗粒饲料在牛瘤胃内的降解与饲养价值[J].草业科学,2001,18(6):43–47.
[26] 祁茹,林英庭.日粮物理有效中性洗涤纤维对奶牛营养调控的研究进展[J].粮食与饲料工

业,2010(5):52–55.
[27] CLARK J H,KLUSMEYER T K,CAMERON M R.Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1992,75(8):2304–2323.
[28] NOCEK J E,RUSSELL J B.Protein and energy as an integrated system.Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production[J].Journal of Dairy Science,1988,71(8):2070–2107.
[29] SINCLAIR L A,RICHARDSON J M,WILKINSON R G.Synchrony of nutrient supply to the rumen and dietary energy source and their effects on the growth and metabolism of lambs[J].Journal of Animal Science,2003,81(5):1332–1347.
[30] HUUSKONEN A,KHALILI H,JOKI-TOKOLA E.Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy breed bulls with TMR feeding[J].Livestock Science,2007,110(1/2):154–165.
[31] 鲁琳,夏兆刚,孟庆翔.精料与稀释率对瘤胃发酵与微生物蛋白的影响[J].饲料研究,2007(4):52–55.
[32] SINCLAIR L A,GARNSWORTH P C,NEWBOLD J R,et al.Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep[J].The Journal of Agricultural Science,1993,120(2):251–263.
[33] 谭支良.绵羊日粮中不同碳水化合物和氮源比例对纤维物质消化动力学的影响及其组合效应评估模型研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,1998.
[34] 霍鲜鲜,侯先志,赵志恭.日粮不同碳水化合物比例对绵羊瘤胃内纤维物质降解率的影响[J].甘肃畜牧兽医,2004(1):6–11.
[35] 马振华.水牛瘤胃对不同粗饲料木质素降解率的研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2015.
[36] 孙云章,毛胜勇,姚文,等.瘤胃厌氧真菌和细菌对木质素含量不同底物的发酵特性[J].福建农林大学学报:自然科学版,2007,36(4):392–395.

Effects of Cotton Stalk Ratio in Diets on Growth and Digestive Performance of Sheep

ZHANG Junyu ZHANG Zhijun SU Lingling GUO Tongjun* WANG Wenqi*

(*Institute of Feed Research*, *Xinjiang Academy of Animal Science*, *Urumqi* 830000, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of different ratios of cotton stalk in diets on growth performance and nutrient apparent digestibility of sheep， and the nutrient metabolism parameters of cotton stalks in the whole digestive tract of sheep. Fifty sheep with the similar body weight were randomly assigned to 5 groups with 10 sheep in each group by a single factor completely randomized design． Sheep in the control group were fed a basal diet， and sheep in trial groups were fed the basal diet replaced by 10%, 20%, 30% and 40% cotton stalk, respectively. The experiment lasted for 68 d including a 7-d preliminary experiment, a 53-d formal experiment and an 8-d digestion and metabolism experiment. The results showed as follows: 1) the average daily gain was decreased with the increasing replacement ratio of cotton stalk, groups C and D were significantly lower than group CK (P＜0.01）， and group A （P＜0.05）; no significant effect on dry matter intake was found (P>0.05). 2) As the replacement ratio of cotton stalk in diets increased, nutrient apparent digestibility of diets was decreased. The apparent digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in group D was lower than that in group CK by 17.17% (P＜0.01）, 18.22% （P＜0.01）, 12.14% （P＜0.01）, 36.36% （P＜0.01）, 26.26% （P＜0.01）and 36.24% （P＜0.05）. 3) With the increasing replacement ratio of cotton stalk, the apparent digestibility of nutrients in cotton stalk had different changes. When the replacement ratio of cotton stalks was 30%, the apparent digestibility of nutrients in cotton stalk was higher. The apparent digestibility of DM and OM in groups C and D were significantly higher than that in groups A and B（P<0.01）; the apparent digestibility of CP and NDF was significantly lower than that in groups B, C and D （P<0.01）. Under this experimental condition, cotton stalk can be used as an roughage in fatting sheep production, and the optimal replacement ratio of cotton

*Corresponding authors： GUO Tongjun， associate professor, E-mail: guotaoxj@126.com; WANG Wenqi， associate professor, E-mail: xjslswwq @163.com

（责任编辑 陈 鑫）

stalks in the basal diet is 30%.

Key words: cotton stalk; sheep; nutrient; growth performance; apparent digestibility